

**VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní**

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace technologie obrábění vybrané součásti

Rationalization of Machining Technology Selected Component

Student:

Tomáš Černý

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Tichá, Ph.D.

Ostrava 2009

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Racionalizace technologie obrábění vybrané součásti

Rationalization of Machining Technology Selected Component

Student: Tomáš ČERNÝ
Studijní obor: 2303R002 – 70 Strojírenská technologie
Pracoviště: Katedra obrábění a montáže – 346

Zásady pro zpracování:

1. Proved'te rozbor požadavků na vybranou součást z hlediska funkčnosti, rozměrové, tvarové přesnosti a drsnosti povrchu.
2. Proved'te analýzu současného stavu technologie obrábění vybrané součásti.
3. Proved'te návrh racionalizace technologie obrábění vybrané součásti.
4. Proved'te praktické ověření návrhu, včetně vyhodnocení.
5. Proved'te celkové zhodnocení.

Pokyny pro zpracování:

Rozsah práce: Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Seznam doporučené literatury:

- BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II.-1. díl*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 119s. ISBN 978-80-248-1641-8
- BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II.-2. díl*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 142 s. ISBN 978-80-248-1822-1
- SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. Praha: Scientia Praha, 1997. 620 s.
- MRKVICA, M. *Obrábění I. 1.díl. Obrábění nástroji s geometricky definovaným břitem*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1993, 202 s.
- MRKVICA, I. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů. 1. část*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1999. 148 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Šárka Tichá, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce: 5. říjen 2008
Datum odevzdání bakalářské práce: 22. květen 2009
Akademický rok: 2008/2009




doc. Dr. Ing. Josef BRYCHTA
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim FARANA, CSc.
děkan

V Ostravě dne 11.listopadu 2008

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

Podpis studenta.....

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
Tomáš Černý
Mírová 144
739 31 Řepiště

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČERNÝ, T.: Racionalizace technologie výroby vybrané součásti. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 54s. Bakalářská práce, vedoucí Tichá, Š.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie výroby vybrané součásti. Vybranou součástí je váleček sloužící k dopravě sochorů na válcovací trati.

V první části bakalářské práce je popsána stávající technologie výroby válečku včetně současného technologického postupu, používaných strojů a nástrojů

Těžiště bakalářské práce tvoří návrh racionalizace opracování funkčních ploch těchto válečků v podmínkách firmy RENOKOV, s.r.o. Racionalizace spočívá v úpravě původního technologického postupu a s ním souvisejících nástrojů a výrobních zařízení. Cílem racionalizace je snížení výrobních časů a nákladů na výrobu.

ANNOTATION OF THE THESIS

ČERNÝ, T.: Rationalization of Machining Technology Selected Component , Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 54 p. Thesis, head: TICHÁ, Š.

The bachelor thesis deals with the rationalization of machining technology selected component. The selected component is roller serving to transfer crowbars in the rolling mill.

In the first part of this bachelor thesis is described present technology of roller production including technologic process, using machines and instruments.

The basis of this bachelor thesis is concept of rationalization working function surface of this roller in conditions of RENOKOV Ltd. company. The rationalization consists in modification of original technologic process and related tools and manufacturing equipment. The aim of rationalization is reduction of operation time and costs production.

OBSAH

Seznam použitého značení.....	8
1 Úvod.....	9
2 Cíle bakalářské práce.....	10
3 Charakteristika vybraného představitele.....	11
3.1 Rozbor požadavků na danou součást.....	12
4 Stávající technologie výroby válečku.....	13
4.1 Polotovary.....	13
4.2 Stávající technologický postup.....	14
4.3 Použité stroje.....	17
4.4 Použité nástroje.....	23
4.5 Rozbor stávajícího technologického postupu.....	28
4.6 Zhodnocení stávající technologie výroby válečku.....	32
5 Návrh racionalizace technologie výroby válečku.....	33
5.1 Změny oproti stávající technologii výroby válečku.....	33
5.2 Použité stroje.....	37
5.3 Použité nástroje.....	41
6 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.....	46
6.1 Stanovení úspory času.....	46
6.2 Stanovení úspory nákladů.....	50
6.3 Závěr vyplývající z technicko-ekonomického zhodnocení.....	51
7 Závěr.....	53
8 Seznam použité literatury.....	54
9 Seznam příloh.....	54

Seznam použitého značení

a_p	-	[mm]	hloubka řezu
CNC	-	-	Computer Numerical Control – počítačový řídicí systém
f_{min}	-	[mm]	posuv minutový
f_{ot}	-	[mm]	posuv na otáčku
HV	-	-	tvrdost materiálu dle Vickerse
n	-	[min ⁻¹]	počet otáček
N_N	-	[Kč/ks]	náklady operace pro výrobu jednoho kusu u navrhované technologie
N_i	-	[Kč]	náklady na i-tou operaci dle stávající technologie
N_m	-	[Kč]	mzdové náklady na i-tou operaci
N_h	-	[Kč/hod]	hodinová mzda pracovníka
R_m	-	[MPa]	mez pevnosti materiálu v tahu
R_e	-	[MPa]	mez kluzu materiálu v tahu
SK	-	-	slinutý karbid
t_d	-	[min]	čas pro přípravu
t_{ic}	-	[min]	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace
t_{icN}	-	[hod/ks]	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace pro navrhovanou technologii
t	-	[min]	časový úsek výroby u stávající technologie
t_n	-	[min]	časový úsek výroby u nové technologie
t_N	-	[min]	časový úsek výroby u nové technologie
T	-	[min]	čas výroby stávající technologií
T_N	-	[min]	čas výroby stávající technologií
T_U	-	[min]	časová úspora operace
T_{UC}	-	[min]	celková časová úspora
U_C	-	[Kč/ks]	celková úspora nákladů při výrobě jednoho kusu
U_i	-	[Kč/ks]	úspora nákladů i-té operace u jednoho kusu výrobku
VBD	-	-	vyměnitelná břitová destička
v_C	-	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
R_a	-	[μm]	drsnost povrchu

1 Úvod

V dnešní době se mnoho firem, zejména velkých podniků, snaží soustředit výhradně na výrobu hlavních produktů, což znamená omezení vedlejších obslužných výrob. To vede k tomu, že náhradní díly, popřípadě služby, jež si dříve podniky zajišťovaly samy, nakupují od jiných, obvykle menších firem, pro které tyto dodávky představují hlavní a někdy taky jediný výrobní program. Jedná se o poměrně široký sortiment výrobků, které jsou vyráběny kusově nebo v malých sériích, což klade značné požadavky na univerzálnost a flexibilitu strojů a výrobních technologií. Důležitým kritériem při výběru dodavatelů náhradních dílů je kromě ceny a kvality výrobku rovněž rychlost dodání požadovaného množství produktu, protože vedle předem dohodnutých a naplánovaných termínů dodávek náhradních dílů pro periodické opravy nastávají situace, kdy z důvodu nečekaných poruch či havárií je nutno dodat více druhů potřebných součástí, a to v co nejkratším termínu. Tyto podmínky kladou specifické požadavky na strojní zařízení a zejména na technologii výroby. Ta musí umožňovat rychlou změnu sortimentu výrobků, mnohdy i nejednotné skupiny součástí, a to vše za akceptovatelnou cenu při dodržení požadované přesnosti a jakosti výrobku.

Ve své bakalářské práci jsem se snažil o racionalizaci technologie výroby jedné z takovýchto součástí, konkrétně „válečku dopravníku pro dopravu sochorů“. Tato součást je vyráběna a dodávána firmou RENOKOV, s.r.o. jako náhradní díl pro válcovnu akciové společnosti ArcelorMittal Ostrava, a.s..

2 Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je najít nejvhodnější technologii obrábění (soustružení) dopravníkového válečku v podmínkách firmy RENOKOV s.r.o. Výsledkem bude nová technologie výroby, jež sníží čas potřebný k výrobě součásti, minimalizuje počet nástrojů a přípravků. Podmínkou je dodržení požadované přesnosti a nepřekročení stávajících výrobních nákladů.

Pro dosažení cíle této bakalářské práce bylo potřeba provést:

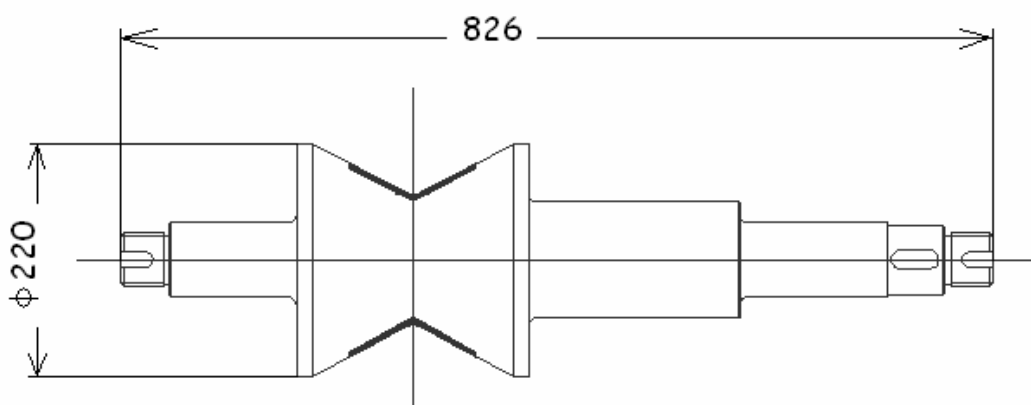
- analýzu a zhodnocení stávajícího stavu technologie obrábění,
- seznámení se s aktuálním strojním vybavením a výrobními možnostmi firmy RENOKOV, s.r.o.
- analýzu obrobitelnosti základního materiálu a použitého návaru,
- návrh technologie obrábění dané součásti s dosažením požadovaných parametrů,
- experimentální ověření návrhu včetně vyhodnocení,
- technicko-ekonomické zhodnocení.

3 Charakteristika vybraného představitele

Vybraným představitelem je váleček (obr. 3.1) který je součástí dráhy válečkového dopravníku určeného k dopravě sochorů. Je uložen v ložiskách a poháněn řetězovým převodem. Pracovní část, jež přichází do styku s dopravovanými předměty, je tvořena plošným návarem speciálního složení (viz. kap. 4.5.), který zaručuje požadované vlastnosti a nutnou životnost v těžkých podmínkách provozu, jako jsou např. teplota (cca 500°C) a rázy.

Z hlediska technologického se jedná o typickou rotační součást na jejíž výrobě má největší podíl práce na soustruhu.

Výrobní proces lze rozdělit na tři části, a to na vyhrubování základního profilu válečku s přídavky na obrábění načisto ploch $\varnothing 70$ k7 a $\varnothing 65$ n7, vlastní navařování pracovních ploch, obrábění načisto a dokončení výrobku.



Obr. 3.1 Váleček

3.1 Rozbor požadavků na danou součást

Na danou součást jsou kladeny následující požadavky (viz.příloha 1- výrobní výkres válečku):

Z hlediska obrábění:

- na plochách $\varnothing 70$ k7 dodržet požadovanou drsnost $R_a = 1,6$,
- dodržet rozměrovou a geometrickou přesnost zejména na funkčním profilu,
- dodržet rozměry a polohu drážek,
- dodržet parametry a délku závitu M50x3 -40 mm.

Z hlediska technologie navařování:

- dodržení předepsané tloušťky návaru (5mm),
- dosažení celistvosti návaru (návar prostý trhlin, pórů, vměstků),
- dodržení jmenovité tvrdosti návaru v povrchové vrstvě.

Z hlediska technologicko-ekonomického

- v maximální míře využít stávající technologické a materiální zázemí firmy RENOKOV s.r.o.

4 Stávající technologie výroby válečku

4.1 Polotovar

Jako polotovaru k výrobě válečků se v současnosti využívá výhradně válcovaná tyč Ø 230 mm, materiál ČSN 11 523.1.

Složení a základní parametry oceli ČSN 11 523.1 [4]:

Složení: C 0,2 %
 Si 0,55 %
 Mn 1,6 %
 P 0,04 %
 S 0,04 %
 N 0,009 %

Doporučené tepelné zpracování (tab.4.1)

Tabulka 4.1. Parametry tepelného zpracování

Způsob tepelné úpravy	Rozmezí teplot [°C]	Způsob ochlazení
normalizační žíhání	870 - 900	ochlazovat na vzduchu
žíhání na měkko	680 - 710	zvolna ochlazovat
žíhání ke snížení pnutí	600 - 650	zvolna ochlazovat
popouštění	670 - 700	ochlazovat na vzduchu

Základní mechanické vlastnosti:

mez pevnosti R_m [MPa]..... 450 - 630

mez kluzu R_e [MPa] min. 275

Obrobitelnost oceli 11 523.1 je 15b (pro soustružení, hoblování a řezání závitů).

Je možno rovněž použití výkovku. Výkovek byl pro výrobu válečku původně navržen a využíván předchozím výrobcem, jímž byla Centrální údržba (závod 3) někdejší společnosti Nová huť, a.s Ostrava-Kunčice.

Při přípravě výroby válečků ve firmě RENOKOV, s.r.o. byla možnost využití výkovku jako výchozího polotovaru také zvažována. Ačkoliv má výkovek oproti kulatině několik nesporných výhod, zejména mnohem menší odpad a nároky na hrubování, bylo rozhodnuto o výrobě válečku z kulatiny. Rozhodující roli hrála rychlost dodání polotovaru, v případě výkovků je nutná objednávka a termín dodání záleží na možnostech a aktuálním vytížení

potenciálního dodavatele. Oproti tomu kulatina je k dispozici téměř okamžitě a v potřebném množství. Dalším kritériem byla cena. I zde byla vyhodnocena kulatina jako nejvýhodnější řešení, jelikož výkovek vycházel draž, ačkoli bylo přihlédnuto k úspoře materiálu a času, jak již bylo uvedeno výše. Výkovek by se stal výhodnější v případě výroby ve větších sériích, kde by bylo možno uplatnit množstevní slevy, ale s takovým množstvím výrobků se nepočítá.

4.2 Stávající technologický postup

V současnosti se váleček vyrábí dle následujícího technologického postupu. Současný technologický postup vychází z technologického postupu, jenž byl převzat od původního výrobce, jímž byla Centrální údržba (závod 3) někdejší společnosti Nová huť, a.s. Ostrava-Kunčice (tab. 4.2).

Tabulka 4.2 Stávající technologický postup výroby vybraného představitele [3]

TECHNOLOGICKÝ POSTUP (původní)						Listů 2	list 1
Sestava			č. sestavy		č. výkresu		
Výrobek Váleček				Série	K/výr	Počet kusů	
						1	
pos.	ks	Hmotn.	Rozměr polotovaru	Jakost materiálu	ČSN	a Kč	cena Kč
	1	96 kg	Ø 230x836	11 523.1	42 5510.1		

č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravy	Celk. čas [min]
001	Pila pásová, Pilous ARG 250 + -řezat na rozměr: Ø 230x836		15
002	Rýsování -rozměrová kontrola prorýsováním na rýsovací desce -rýsovat pro operaci č. 3	Hledač středu	35
003	Vyvrtačka W100A (PROBÍHÁ V KOOPERACI) -zavrtat důlky	Středící vrták ČSN A 22 1110 Ø 5mm	40
004	Soustruh SUI 80 -soustružit Ø220 včetně šikmých ploch s R15 s vybráním 5 mm pro návar na rozměr 60+60 KOPÍROVACÍM ZPŮSOBEM -oba konce soustružit na Ø 110- neosazeně -obě čela na délku 826 -plochy Ø70k6 (2x) a Ø65n7 soustružit s přídavkem 3 mm na plochu -vybrání pro návar soustružit s přídavkem 1mm na plochu .	Šablona	502
005	Odjehlování -odjehlít		3
006	Mezioperační kontrola -vizuální kontrola		1
007	Navařování – Polohovadlo -provést návar dle výkresu cca 8 mm na plochu -svařovací drát: RD516 Ø2,4mm, tavidlo F56 -poloha navařování PA		210

Tab. 4.2 Stávající technologický postup výroby vybraného představitele - pokračování

č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravky	Celk. čas [min]
008	Mezioperační kontrola -vizuální a rozměrová kontrola návaru		5
009	Soustruh SUI 80 -soustružit Ø70k6 (2x) a Ø65n7 s přídavkem +0,50 , +0,60 pro broušení -soustružit hotově navařenou část na šikmém profilu včetně R15- KOPÍROVACÍM ZPŮSOBEM -ostatní soustružit hotově dle výkresu, včetně závitu M50x3 (2x) - kontrola závitů na kalibr -srazit hrany	Šablona Nůž tvarový R8	293
010	Odjehlování -odjehlit		3
011	Rýsování -rýsovat pro operaci č. 12		35
012	Frézování FNGJ 40 -frézovat drážku 14P9x30 (2x) – viz. PRŮŘEZ „A-A“ -frézovat drážku 18P9x50 – viz. ŘEZ „B-B“		114
013	Broušení BUB40U/2000 (PROBÍHÁ V KOOPERACI) -brousit Ø70k6 (2x) , Ø65n7		89
014	Doprava -jeřáb		30
015	Doprava – vazači		10
016	Výstupní kontrola -rozměrová kontrola -vizuální kontrola		10
017	Expedice – balení		10

4.3 Použité stroje

Následující přehled podrobněji popisuje stroje jimiž firma disponuje, zejména ty, které budou dále zmiňovány a využívány k výrobě válečku. Kromě níže uvedených strojů je firma vybavena velkým množstvím ručního a ručního elektrického nářadí.

Pila pásová Pilous ARG 250+ (obr. 4.1)

Výrobce: firma PILOUS-TMJ s.r.o., Železná 9, 619 00 BRNO

Jedná se o pásovou pilu na kov s rozsahem řezných úhlu 60° vpravo a 45° vlevo. Přestavování požadovaných úhlu je velmi rychlé, jednoduché a plynulé. Dvě řezné rychlosti 40 a 80 m/min. Rameno pilového pásu se zvedá ručně, posuv do řezu je prováděn vlastní vahou ramene s možností plynulé regulace škrtícím ventilem olejového tlumiče. Maximální rozměry profilu řezaného materiálu jsou uvedeny (tab.4.3.).



Obr.4.1 - Pila pásová Pilous ARG 250+ [3]

Tabulka 4.3 Maximální rozměry profilu řezaného materiálu [3]

Tvar profilu	Rozměr profilu[mm]
kruhový	φ 240
čtvercový	240x240
obdélníkový	300x160

Soustruh SUI 80 (obr. 4.2)

Stroj byl vyráběn slovenskou firmou TOS TRENČÍN, a.s., Súvoz 1, Trenčín. V současnosti ve výrobě pokračuje nástupnická firma, firma TRENS, a.s., Súvoz 1, Trenčín. SUI 80 je soustruh vyznačující se robustní konstrukcí a velmi tuhým ložem, což umožňuje jeho využití pro náročné soustružnické práce v kusové a malosériové výrobě. Výrobce ke stroji dodává širokou paletu doplňkové výbavy a příslušenství, která umožňuje jeho univerzální využití ve výrobě. Soustruh jenž je nainstalován ve firmě RENOKOV, s.r.o byl dovybaven elektronickým odměřovacím systémem firmy ESSA,s.r.o. Stroj má následující parametry – viz tab.4.4



Obr.4.2 – Soustruh SUI 80 [3]

Tabulka 4.4 Parametry soustruhu SUI 80 [3]

Rozměrové parametry		
Vzdálenost hrotů	6000	mm
Oběžný průměr nad ložem	800	mm
Oběžný průměr nad suportem	520	mm
Průměr sklíčidla	Ø315	mm
Zdvih příčného suportu	440	mm
Zdvih podélného suportu	5400	mm
Maximální hmotnost obrobku v hrotech při n=18 min ⁻¹	1600	kg
Maximální hmotnost obrobku upnutého letmo s těžištěm 100mm od čela hlavy při n=18min ⁻¹	80	kg
Pohon vřetene		
Krouticí moment M _{kmax}	3200	Nm
Výkon hlavního motoru S1	19,3	kW
Výkon hlavního motoru S6 (při přetížení)	22	kW
Výkon hlavního motoru pro konstantní řeznou rychlost	19,3	kW
Počet převodových stupňů	24	-
Řazení převodových stupňů	Ručně	-
Rozsah otáček vřetene	4,5 - 1800	min ⁻¹
Pohon posuvů		
Maximální síla v ose X	6000	N
Maximální síla v ose Z	18000	N
Pracovní posuv příčný- f _{min}	0,25 – 6,5	mm
Pracovní posuv podélný- f _{min}	0,50 – 13,00	mm
Rychloposuv příčný- f _{min}	2,4	m
Rychloposuv podélný- f _{min}	4,8	m
Přesnost		
Geometrická přesnost podle STN ISO 1708	normální	
Dosažitelná přesnost soustružení:		
Ø 50 až Ø 100	IT 7	
Ø 100 až Ø 630	IT 6	
Měření a vyhodnocení dle normy ISO 230 - 2		

Frézka FNGJ 40 (obr. 4.3)

Výrobce firma INTOS, spol. s.r.o, Tovární 220, Žebrák (někdejší TOS Žebrák/Čelákovice). Jedná se o universální frézku vhodnou pro malosériovou a kusovou výrobu. Vysokou universálnost použití zajišťuje množství příslušenství dodávaného výrobcem (např. obrážecí hlava, el.odměřovací zařízení, otočné stoly, dělicí přístroje). Soustruh jenž je nainstalován ve firmě RENOKOV, s.r.o byl vybaven elektronickým odměřovacím systémem a rovněž byla pořízena obrážecí hlava. Parametry frézky – viz tab. 4.5.

**Obr. 4.3 - Frézka FNGJ 40 [3]****Tabulka 4.5** Parametry frézky FNGJ 40 [3]

Pracovní stůl		
Upínací plocha	400x800	mm
Pracovní posuv - osa X– f_{\min}	16- 800	mm
Pracovní posuv - osa Y– f_{\min}	16 - 800	mm
Pracovní posuv - osa Z– f_{\min}	8 -400	mm
Rychloposuv - osa X– f_{\min}	2000	mm
Rychloposuv - osa Y– f_{\min}	2000	mm
Rychloposuv - osa Z– f_{\min}	1000	mm
Vřeteno		
Kuželová dutina	40	ISO
Rozsah otáček	63 - 3150	min^{-1}
Počet otáčkových stupňů	18	-
Výkon hlavního motoru	4	kW

Tabulka 4.5 Parametry frézky - pokračování

Stroj		
Celkový příkon	8	kVA
Délka	1810	mm
Šířka	1975	mm
Výška	1910	mm
Hmotnost	2200	kg

Technologické pracoviště navařování na polohovadle TOS 22 301 – 02

Pracoviště se skládá ze tří hlavních částí, a to z polohovadla TOS KUŘIM 22 301 – 02, svařovacího automatu WST 1000 (výrobce ZEZ HOŘICE, a.s.) a zdroje svařovacího usměrňovače TRT 502 (výrobce ZEZ HOŘICE, a.s.).

Polohovadlo TOS KUŘIM 22 301 – 02

Polohovadlo slouží k upnutí a nastavení svařence do potřebné polohy po celou dobu navařovacího procesu (v našem případě do roviny rovnoběžné s rovinou horizontální, a to z důvodu dopravy tavidla na místo svaru vlastní vahou). Krom toho zajišťuje polohovadlo otáčení svařence pod svařovací hlavou rychlostí odpovídající svařovacím parametrům a průměru svařence. Součástí sestavy polohovadla je zároveň ve dvou osách stavitelná konzole nesoucí svařovací hlavici a zásobník drátu a tavidla.

Základní údaje: Polohovadlo TOS KUŘIM 22 301 – 02 [3]

Výrobce:	TOS KUŘIM, n.p.
Rozsah polohování:	90° (elektromotorem)
Rozsah pracovních otáček:	15 až 90 min ⁻¹
Řízení pracovních otáček:	plynulé, ručně, řetězovým variátorem
Maximální hmotnost svařence:	1250 kg
Maximální průměr svařence:	1800 mm

Svařovací automat WST 1000

WST 1000 je svařovací automat traktorového typu použitelný rovněž jako statický automat. Slouží pro jednoobloukové svařování pod tavidlem. Umožňuje plynulou regulaci

svařovacího napětí a proudu. Regulace rychlosti posuvu drátu je buď automatická, závislá na napětí oblouku, nebo nezávislá, nastavována manuálně. Svařovací automat se skládá z vlastní svařovací hlavice, ovládací a řídicí skříňe, napájecího zdroje (napájí elektroniku automatu a posuvový elektromotor), a propojovacích kabelů.

Základní údaje: Svařovací automat WST 1000 [3]

Výrobce:	ZEZ HOŘICE, a.s.
Průměr svařovacího drátu:	2 až 5 [mm]
Svařovací proud:	stejnoseměrný nebo střídavý do 1000A
Podávací rychlost drátu:	0,55 až 12,8 [m.min ⁻¹]

Svařovací usměrňovač TRT 502

Jedná se o universální plynule regulovatelný svařovací zdroj stejnosměrného proudu s jmenovitým příkonem 43,4 kVA. Skládá se z transformátoru s regulovatelným buzením a polovodičového usměrňovače.

Základní údaje: Svařovací usměrňovač TRT 502 [3]

Výrobce: ZEZ HOŘICE, n.p.

Napájecí napětí:	3x400 V
Jmenovitý příkon:	43,4 kVA
Maximální výstupní proud:	500A
Maximální výstupní napětí:	38 V
Rozsah regulace napětí:	28 až 36 [V]

4.4 Použité nástroje

Zde jsou uvedeny nástroje, kterých je použito v původním technologickém postupu.

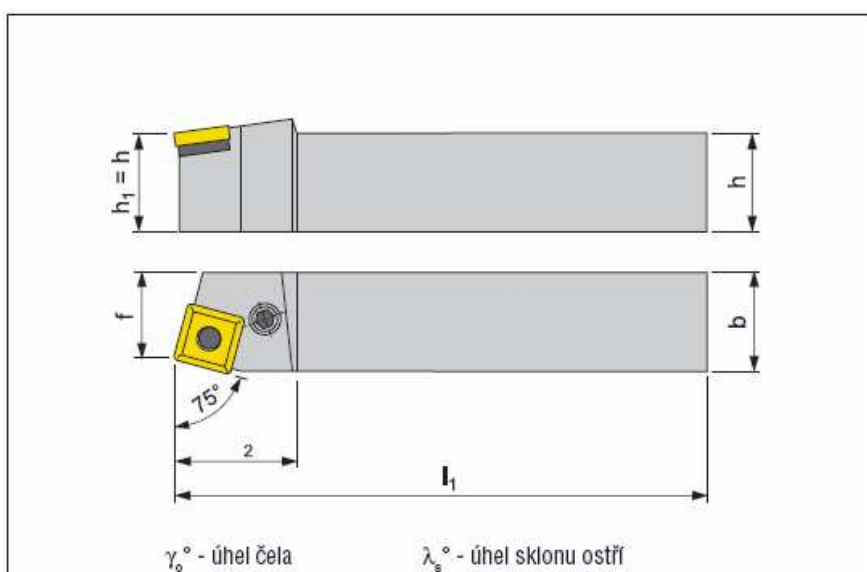
Pro operaci č.3 se použije standardního středícího vrtáku ČSN A 22 1110 Ø 5mm z rychlořezné oceli.

Pro operaci č.4:

- Hrubování základního tvaru válečku se používá nožového držáku PSBNR 32 32 P19 (obr. 4.4.), o parametrech viz obr. 4.5., tab. 4.6., osazeného VBD: SNMG 190612 E-R (obr. 4.6., tab. 4.7.), materiál VBD 6630



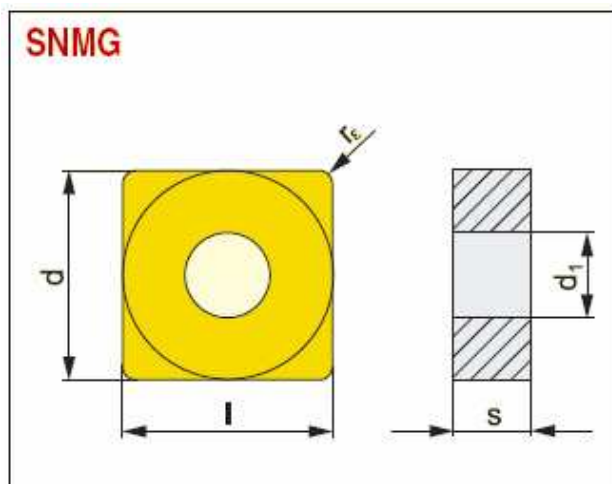
Obr.4.4 - Nožový držák PSBNR 32 32 P19 [1]



Obr.4.5 - Nožový držák PSBNR 32 32 P19 – rozměrový náčrt [1]

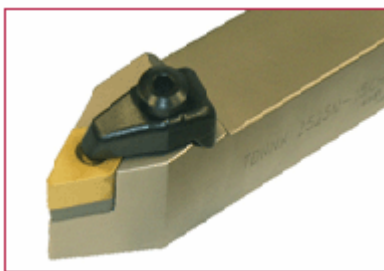
Tabulka 4.6. Údaje nožového držáku PSBNR 32 32 P19 [1]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]							Nástrojové úhly [°]		Hmotnost [kg]
	h	b	f	l_1	l_{2max}			γ_o°	λ_s°	
PSBNR 32 32 P19	32	32	27	170	45			-6	-6	1,3

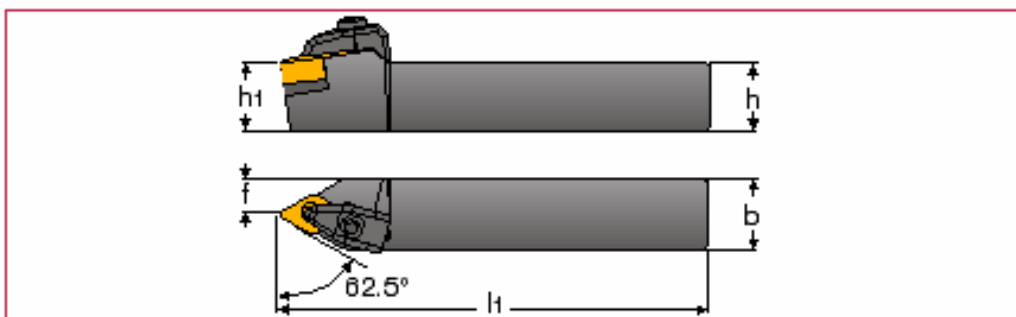
**Obr. 4.6** - Vyměnitelná břitová destička SNMG 190612 E-R [1]**Tabulka 4.7** Parametry VBD SNMG 190612 E-R [1]

Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]						Řezné parametry VBD [mm]	
SNMG	l	d	d_1	s	r_ϵ		f_{ot}	a_p
190612 E-R	19,1	19,1	7,94	6,35	1,2		0,25 až 0,7	2,0 až 9,0

- Pro hrubování funkčního profilu kopírovacím způsobem se používá nožového držáku DDNNN 32 32 P15 (obr. 4.7) o parametrech viz obr. 4.8, tab. 4.8, osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami DNMA 15 06 12 (obr. 4.9., tab.4.9.), materiál VBD: 6605



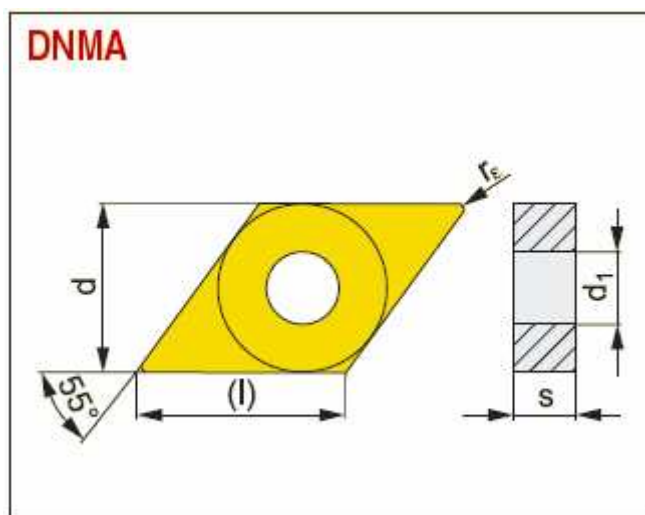
Obr.4.7 – Nožový držák DDNNN 32 32 P15 [2]



Obr.4.8 - Nožový držák DDNNN 32 32 P15 – rozměrový náčrt [2]

Tabulka 4.8– Údaje nožového držáku DDNNN 32 32 P15 [2]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]							Nástrojové úhly [°]		Hmotnost [kg]
	h	b	f	l ₁				γ_o°	λ_s°	
DDNNN 32 32 P15	32	32	12,5	150				-6	-6	1,2



Obr. 4.9 - Vyměnitelná břitová destička DNMA 15 06 12 [1]

Tabulka 4.9 Údaje VBD DNMA 15 06 12 [1]

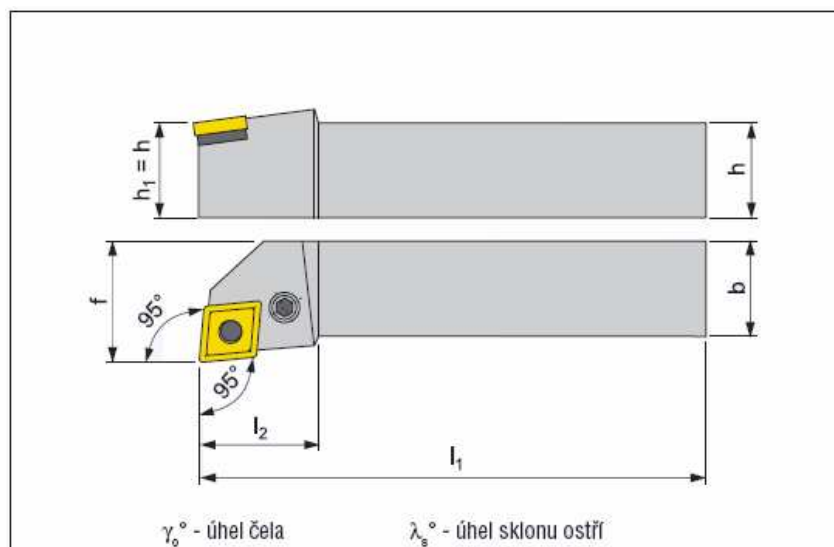
Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]						Řezné parametry VBD [mm]	
DNMA 15	l	d	d ₁	s	r _ε		f _{ot}	a _p
06 12	15,5	12,7	5,16	6,35	1,2		0,1 až 0,72	1,2 až 3,9

Pro operaci č 9:

- Pro dokončovací soustružení tvaru válečku se používá nožového držáku PCLNR 32 32 P19 (obr. 4.10) o parametrech viz obr. 4.11, tab. 4.10, osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami CNMG 19 06 12 E-R (obr. 4.12, tab.4.11), materiál VBD: 8030.



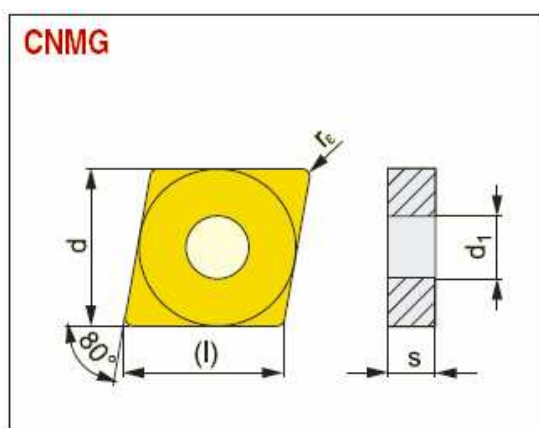
Obr.4.10 – Nožový držák PCLNR 32 32 P19 [1]



Obr.4.11 - Nožový držák PCLNR 32 32 P19 – rozměrový náčrt [1]

Tabulka 4.10 Údaje nožového držáku PCLNR 32 32 P19 [1]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]							Nástrojo vé úhly [°]		Hmot nost [kg]
PCLNR 32 32 P19	h	b	f	l ₁	l _{2max}			γ _o [°]	λ _s [°]	1,4
	32	32	40	170	45			-6	-6	



Obr. 4.12 – Vyměnitelná břitová destička CNMG 19 06 12 E-R [1]

Tabulka 4.11 Údaje VBD CNMG 19 06 12 E-R [1]

Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]						Řezné parametry VBD [mm]	
	l	d	d ₁	s	r _ε		f _{ot}	a _p
CNMG 19 06 12 E-R	19,3	19,0	7,9	6	1,2		0,17 až 0,8	1,2 až 8,0

- Pro dokončení funkčního profilu kopírovacím způsobem se používá nožový držák DDNNN 32 32 P15 (obr. 4.7) osazený vyměnitelnými břitovými destičkami DNMA 15 06 12 (obr. 4.9), materiál VBD: IC 428.
- Pro soustružení závitu se používá pravý závitový nůž ČSN 22 3770 (60°) s pájenou destičkou ze slinutého karbidu P10.
- Pro soustružení zápichu (DETAIL D) se používá zapichovací nůž s pájenou destičkou ze slinutého karbidu P10, upravenou dle výkresu –viz příloha 1.
- Pro soustružení rádiusů R8 se používá upravený nůž s pájenou destičkou ze slinutého karbidu P10.

Pro operaci č 12: Pro frézování drážek 14P9x30 (2x) a 18P9x50 se používá fréz na drážky per s válcovou stopkou ČSN 22 2192 z rychlořezné oceli o průměru 14 mm a průměru 18 mm.

4.5 Rozbor stávajícího technologického postupu

Dělení materiálu (operace č. 1) probíhá na pásové pile značky Pilous typ ARG 250+. Výsledkem je kruhová tyč o průměru 230mm a délce 836mm (délka obrobku 826mm + přídavky na obrábění čel a nepřesnost pily 2x 5mm) [3].

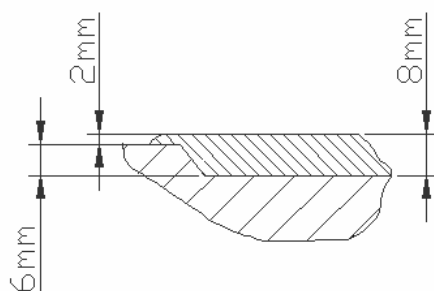
Následuje orýsování polotovaru pro zavrtání středících důlků (operace č. 2). Tuto operaci provádí zámečník pomocí přípravku zvaného hledač středu, který slouží k nalezení středu čel. Nalezený středový bod označí důlčíkem.

Po orýsování jsou polotovary převezeny do 5 km vzdálené firmy DIMONT,s.r.o. k zavrtání středících důlků na vyvrtávače W 100 A (operace č.3). Toto je poměrně nákladné a zdlouhavé vzhledem k tomu, že se jedná o relativně jednoduchý výkon.

Dále následuje hrubování základního tvaru válečku s vybráním pro návar (operace č. 4). Provádí se na soustruhu SUI 80. Po vyhrubování následuje obrábění načisto nefunkčních ploch. Plochy $\varnothing 70$ k7 a $\varnothing 65$ n7 a plochy závitů se soustruží s přídavkem 3mm na plochu, a to z důvodu možného poškození při manipulaci a upínání na polohovadlo. Plocha profilu obsahující vybrání pro návar se soustruží s přídavkem 1mm na plochu. K hrubování se užívá nožového držáku osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami firmy PRAMET, s.r.o., a to: CNMG 16 06 12 E-R, materiál VBD:8030.

Plocha funkčního profilu se soustruží pomocí šablony kopírovacím způsobem. V dobách minulých to byl zřejmě nejefektivnější způsob výroby součástí tohoto typu, nicméně dnes vzhledem k současným možnostem, zejména možnostem CNC techniky, se tento způsob práce jeví jako méně produktivní, především z důvodu užití přípravku (šablony) a času nutného k jeho instalaci a sejmutí ze stroje. V případě užití CNC stroje potřeba šablony odpadá a výrazně se zkrátí přípravný čas.

Vlastní navařování (operace č. 4) probíhá na Technologickém pracovišti navařování na polohovadle TOS 22 301 – 02 metodou 121 (svařování elektrickým obloukem pod tavidlem). Navařuje se do vybrání na funkčním profilu (obr. 4.13.).



Obr.4.13 Průřez návarem

Provádí se nejčastěji na 4 vrstvy, aby bylo dosaženo minimální tloušťky návaru 8mm. Při navařování se postupuje od středu funkční plochy směrem k jejím okrajům (od nejúžšího místa profilu k místu nejširšímu), a to střídavě na obě strany. K zachování konstantní tloušťky návaru je nezbytné plynule snižovat otáčky polohovadla v závislosti na zvětšující se

navarováný průměr. K navařování je používán trubičkový drát RD 524 o průměru 2,4mm a tavidlo F56 při svařovacích parametrech: $I=230-280\text{ A}$, $U=26-36\text{ V}$. Správné provedení návaru závisí krom vlastních svařovacích parametrů zejména na tvaru násypky a rychlosti otáčení polohovadla. Složení návaru je uvedeno v tabulce 4.12.

Základní parametry přídatného materiálu RD 524 a tavidla F56 [3]:

Přídavný materiál RD 524:

Typdrát trubičkový
 Průměr drátu3,2 mm
 Rozsah – napětí.....28 až 34 [V]
 - proudu300 až 350 [A]
 Teplota interpass.....325 °C
 Tvrdost návaru ve třetí vrstvě..... 569 HV

Tvrdost je uváděna ve třetí vrstvě z důvodu promísení první a druhé vrstvy se základním materiálem, což způsobuje změnu složení, a tím i pokles tvrdosti v těchto vrstvách.

Tabulka 4.12 Složení návaru [3]

C	Mn	Si	P	S	Cr	V	W	Ti
0,26 %	1.7%	1.04%	0.016%	0.005%	3.4%	0.25%	6.44%	0.1%

Tavidlo F56:

Zrnitost0,3 až 1,6 [mm]
 Stabilita oblouku.....poměrně klidný
 Struska.....samovolně odpadá
 Návar.....vzhled rovnoměrný, povrch hladký

Před navařováním je váleček přehříván na teplotu 250 °C, aby nedošlo k popraskání návaru vlivem tepelné roztažnosti základního materiálu. Po navaření je ponechán vychladnout v izolačním zábalu. Umožní to únik difúzního vodíku z návaru, čímž se předchází vzniku horkých trhlin. Technologie navařování pod tavidlem je velmi efektivní metoda s vydatností cca 3kg návaru za hodinu. Je rovněž šetrná k životnímu prostředí, jelikož jediný odpad v podobě strusky není nebezpečným odpadem.

Po navaření a vychladnutí následuje rozměrová a vizuální kontrola návaru (operace č. 8). Kontroluje se jednak rozměr návaru, tak zejména jeho povrch, nejsou-li patrné trhliny, větší póry či vměstky. Jsou-li tyto zaznamenány, je nutné je odstranit (nejčastěji vybroušením a převařením), jednak z důvodu integrity povrchu, tak z důvodu možného poškození plátku při soustružení. Nevýhodou takto prosté vizuální kontroly je, že odhalí pouze vady viditelné na povrchu, nikoli již vady v podpovrchových vrstvách.

Takovéto vady jsou potom odhaleny až při opracování což může způsobit poškození či zničení relativně drahého plátku (k podobné situaci již nejméně jednou došlo). Odstranění takovéto vady je pak pochopitelně náročnější než kdyby byla odhalena již při mezioperační kontrole (nutno obrobek převážet k odstranění návaru v místě zjištěných vad a opětovnému navaření poškozeného místa, nehledě k tomu že práce a energie vynaložená na obrábění přišla vniveč).

Následuje soustružení na čisto (operace č.9) probíhající opět na soustruhu SUI 80. Kopírovacím způsobem se na čisto obrábí navařený funkční profil. K obrábění návaru se používá nožového držáku s vyměnitelnými břitovými destičkami firmy ISCAR, materiál IC428. Volba těchto VBD byla uskutečněna na základě odzkoušení různých typů vyměnitelných břitových destiček několika předních výrobců jako např.: PRAMET, s.r.o., SANDVIK COROMANT, a.s. Z důvodu optimalizace ceny těchto vyměnitelných břitových destiček na 1000 Kč/ks bylo nutno objednat minimálně 30 ks. Ověřené řezné podmínky pro řezný materiál IC428 jsou: $v_c = (8-10) \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $f_{ot} = 0,2 \text{ mm}$, $a_p = 0,5 \text{ mm}$.

Volba těchto řezných podmínek byla uskutečněna experimentálně vzhledem k obráběnému materiálu, jímž je návar, který krom svých vlastností způsobuje problém při obrábění případným obsahem vměstků. Vzniku vměstků nelze ani při maximální pečlivosti při navařování zabránit. Mohou způsobit zničení břitu či dokonce celé VBD (praskne). Toto se již několikrát stalo, a proto byly zkoušeny různé řezné podmínky, zejména řezné rychlosti, a dospělo se k výše uvedeným řezným podmínkám, jež minimalizovaly případy poškození břitu a během jejich užívání nedošlo ke zničení VBD.

Po odjehlení a orýsování polohy drážek následuje frézování drážek a to 14P9x30 mm (2x) a 18P9x 50 mm(operace č.12). Frézování drážek se provádí na frézce FNGJ 40. Používá se nástrojů z rychlořezné oceli, konkrétně fréz na drážky per s válcovou stopkou ČSN 22 2192 o průměru 14 mm.

Poslední operací týkající se obrábění je broušení ploch $\varnothing 70k6$ (2x) , $\varnothing 65n7$. Tato operace probíhá v kooperaci s firmou JIŘÍČEK, s.r.o. Výrobní prostory této firmy jsou

vzdáleny cca 10 km od výrobních prostor firmy RENOKOV, s.r.o., tudíž výrobky musí být nakládány a převáženy, což je časově náročné a neekonomické.

Po návratu z broušení proběhne kompletní rozměrová kontrola celého válečku. Poté následuje konzervace a zabalení válečku do potravinářské fólie (částečně zabrání přístupu vlhkosti a kontaktu z nečistotami) a expeduje se zákazníkovi.

4.6 Zhodnocení stávající technologie výroby válečku

Stávající technologie a z ní vycházející technologický postup odpovídá technickým možnostem někdejšího výrobce a době svého vzniku. Dnešní technologie, zejména technologie CNC strojů, nabízejí nové možnosti, na které stávající technologický postup již nereflektuje. Užitím těchto technologií lze mnohdy snížit jak čas nutný k výrobě, tak výrobu zlevnit či snížit nároky na nástroje a materiál.

Zde je uveden přehled hlavních nevýhod stávající technologie, jenž je možno odstranit vzhledem k aktuálním možnostem a vybavení současného výrobce, firmy RENOKOV s.r.o.:

- převážení válečků k zavrtání,
- převážení a broušení válečků,
- nedostatečná mezioperační kontrola po navaření.

Dále pak činnosti, které by bylo možno vzhledem k aktuálním možnostem výroby provádět rychleji a hospodárněji:

- využití CNC soustruhu místo kopírovacího způsobu pro soustružení funkčního profilu,
- využití CNC soustruhu pro dokončení celého válečku (včetně závitů a doposud broušených ploch),

5 Návrh racionalizace technologie výroby válečku

Při návrhu racionalizace stávající technologie výroby válečku vycházím z nevýhod stávající technologie uvedených v kap. 4.6. a možností, které nám dává aktuální technologické zázemí firmy RENOKOV, s.r.o.

5.1 Změny oproti stávající technologii výroby válečku

Zde jsou uvedeny změny stávající technologie přičemž je dodrženo číslování operací dle původního technologického postupu. (Technologický postup výroby válečku po úpravě je uveden v tabulce. 5.1.)

Operace č. 3 - zavrtání válečku ve firmě DIMONT, s.r.o.

Polotovary je nutno dopravovat a platit zavrtávání, což je náročné časově a zbytečně drahé. Proto se uvažovalo, jak takový relativně jednoduchý úkon provést pomocí zařízení, které je k dispozici v dílně firmy RENOKOV, s.r.o. První uvažovaná varianta byla zavrtávat válečky ručně elektrickou vrtačkou. Takto získaný středící důlek byl sice dostatečně velký, nicméně málokdy se podařilo vyvrtat jej dostatečně přesně v místě označeném důlčíkem a navíc rovně. Z tohoto důvodu se hledala jiná varianta, kterou se nakonec stala varianta zavrtávat válečky na sloupové vrtačce VS 32. Rovná spodní upínací plocha umožní nastavit váleček značkou důlčíku přesně pod středící vrták. Takto získané středící důlky jsou dostatečně přesné, a tudíž použitelné pro upnutí polotovaru na soustruh.

Operace č. 4 - hrubování základního tvaru válečku na soustruhu SUI 80

Nejproblematičtější a nejzdlouhavějším úkonem je zde instalace a ustavení kopírovacího zařízení. Toto je možné zcela odbourat využitím CNC soustruhu SE 520 NUMERIC, který má firma RENOKOV, s.r.o. k dispozici. Navíc program pro hrubování základního profilu lze po malých úpravách použít rovněž pro dokončovací soustružení. Šlo by sice celou operaci provádět na CNC soustruhu, nicméně firma zatím disponuje jen jedním takovýmto strojem, a tudíž jej využívá především k úkonům, jenž jsou nerealizovatelné či obtížně realizovatelné na konvenčních strojích.

Operace č. 8 – vizuální a rozměrová kontrola návaru

Jak již bylo uvedeno dříve vizuální kontrola odhalí pouze vady viditelné pouhým okem na povrchu návaru. Jemné praskliny či vady pod povrchem takto nelze odhalit. Pokud návar obsahuje trhliny či jiné vady projevující na jeho celistvosti, je zbytečné jej obrábět, dokud tyto vady nebudou odstraněny. Výjimečně se může objevit i tak rozsáhlé poškození, že je nutno odstranit celý návar a provést jej znovu.

Proto navrhuji provést magnetickou práškovou zkoušku nebo penetrační zkoušku. Obě metody jsou poměrně jednoduché a levné. Umožní nám odhalit drobné praskliny na povrchu návaru, jež pouhé oko odhalit nedokáže. Tak lze jednak předejít zbytečnému obrábění nepoužitelného návaru, provést včas jeho opravu a v neposlední řadě uchránit VBD před rázy a přerušovaným řezem. Nevýhodou obou metod je, že nejsou schopny odhalit vady hlouběji pod povrchem a struskové vměstky.

Operace č.9 - obrábění válečku na čisto

Jedná se o dokončovací soustružení funkčního profilu, ploch $\varnothing 70$ k7 a $\varnothing 65$ n7 a soustružení závitů M 50x3. Stávající technologie využívá k této operaci soustruh SUI 80.

Jako při operaci č.4, také zde se nabízí využití CNC soustruhu SE 520 NUMERIC pro realizaci celé operace.

Využití CNC stroje mnohé zjednoduší a zrychlí. Umožní obrábění celého válečku kromě soustružení závitů, zápichu a funkčního profilu jedním nástrojem. Nebude tedy třeba tvarových rádiusových nožů, jelikož se soustružení těchto tvarových ploch bude provádět dle programu stejným nástrojem jako vlastní dokončovací soustružení válcových ploch.

CNC soustruh SE 520 NUMERIC je schopen dosáhnout požadované přesnosti pro plochy $\varnothing 70$ k7 a $\varnothing 65$ n7, včetně předepsané drsnosti, tudíž není nutno válce transportovat k broušení v kooperaci.

Soustružení závitů lze provádět pomocí vestavěného závitového cyklu, což práci zrychlí a zjednoduší.

Tabulka 5.1 Technologický postup po úpravě

TECHNOLOGICKÝ POSTUP (nový)					Listů 2	list 1
Sestava			č. sestavy	č. výkresu		
Výrobek Váleček				Série	K/výr	Počet kusů
						1
pos.	ks	Hmotn.	Rozměr polotovaru	Jakost materiálu	ČSN	a Kč cena Kč
	1	96 kg	Ø 230x836	11 523.1	42 5510.1	

č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravky	Celk. čas [min]
001	Pila pásová, Pilous ARG 250 + -řezat na rozměr: Ø 230x836		15
002	Rýsování -rozměrová kontrola prorýsováním na rýsovací desce -rýsovat pro operaci č. 3	Hledač středu	35
003	Sloupová vrtačka VS 32 -zavrtat důlky	Středící vrták ČSN A 22 1110 Ø 5mm	20
004	Soustruh SUI 80 -soustružit Ø220 -oba konce soustružit na Ø 110- neosazeně -obě čela na délku 826 -plochy Ø70k6 (2x) a Ø65n7 soustružit s přídavkem 3 mm na plochu		1
005	Soustruh SE 520 NUMERIC -soustružit tvar funkčního profilu s vybráním pro návar dle programu		
006	Odjehlování -odjehlit		3
007	Mezioperační kontrola -vizuální kontrola		1
008	Navařování – Polohovadlo -provést návar dle výkresu cca 8 mm na plochu -svařovací drát: RD516 Ø2,4mm, tavidlo F56 -poloha navařování PA		210

Tab. 5.1 Technologický postup po úpravě - pokračování

č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravky	Celk. čas [min]
009	Mezioperační kontrola -vizuální a rozměrová kontrola návaru -provedení magnetické práškové zkoušky		1
010	Soustruh SE 520 NUMERIC -soustružit Ø70k6 (2x) a Ø65n7, na hotovo-dle programu -soustružit hotově navařenou část na šikmém profilu včetně R15- dle programu -ostatní soustružit hotově dle výkresu , včetně závitu M50x3 (2x) - kontrola závitů na kalibr -srazit hrany		293
011	Odjehlování		3
012	Rýsování -rýsovat pro operaci č. 12		35
013	Frézování FNGJ 40 -frézovat drážku 14P9x30 (2x) – viz. PRŮŘEZ „A-A“ -frézovat drážku 18P9x50 – viz. ŘEZ „B-B“		114
014	Doprava -jeřáb		30
015	Doprava – vazači		10
016	Výstupní kontrola -rozměrová kontrola -vizuální kontrola		10
017	Expedice – balení		10

5.2 Použité stroje

Zde jsou popsány stroje, jenž jsou využity v novém technologickém postupu a nebyly zmíněny již dříve.

CNC soustruh SE 520 NUMERIC (obr. 5.1).

Stroj je vyráběn slovenskou firmou TRENS, a.s., Súvoz 1, Trenčín. Tato firma je nástupcem někdejšího výrobce obráběcích strojů, podniku TOS Trenčín n.p.



Obr. 5.1 CNC soustruh SE 520 NUMERIC [3]

Jedná se o stroj který najde uplatnění v malosériové či kusové výrobě. Je určen k přesnému obrábění jednoduchých a tvarově složitých obrobků z kovu a plastu. Na stroji lze soustružit jak v ručním režimu ovládání, tak v automatických cyklech. Firma TRENS, a.s. dodává stroj vybaven řídicím systémem na přání zákazníka. Stroj firmy RENOKOV, s.r.o. je vybaven řídicím systémem HEIDENHAIN MANUAL plus 4110. Přehled základních parametrů stroje tak, jak je uvádí výrobce v návodu k obsluze a údržbě konkrétního stroje, jsou uvedeny v tabulce 5.2.

Tabulka 5.2 Parametry soustruhu SE 520 NUMERIC [3]

Rozměrové parametry		
Vzdálenost hrotů	1500	mm
Oběžný průměr nad ložem	520	mm
Oběžný průměr nad suportem	290	mm
Průměr sklíčidla	Ø250/315	mm
Zdvih příčného suportu	270	mm
Zdvih podélného suportu	1450	mm
Maximální hmotnost obrobku v hrotech při $n=100\text{min}^{-1}$	1000	kg
Maximální hmotnost obrobku upnutého letmo při $n=100\text{min}^{-1}$	80	kg
Maximální rozměr obrobku v hrotech při $n=100\text{min}^{-1}$	Ø285x1500	mm
Maximální rozměr obrobku upnutého letmo při $n=100\text{min}^{-1}$	Ø500x150	mm
Pohon vřetene		
Krouticí moment $M_{k\max}$	525	Nm
Výkon hlavního motoru S1	11	kW
Výkon hlavního motoru S6 (při přetížení)	15	kW
Výkon hlavního motoru pro konstantní řeznou rychlost	11	kW
Počet převodových stupňů	2	
Řazení převodových stupňů	Ručně	
Rozsah otáček vřetene 1. převodový stupeň	7-650	min^{-1}
Rozsah otáček vřetene 2. převodový stupeň	30-2600	min^{-1}

Tabulka 5.2 Parametry stroje - pokračování

Pohon posuvů		
Maximální síla v ose X	3500	N
Max. síla v ose Z	7000	N
Pracovní posuv příčný- f_{\min}	1-3000	mm
Pracovní posuv podélný- f_{\min}	1-5000	mm
Rychloposuv příčný- f_{\min}	3	m
Rychloposuv podélný- f_{\min}	5	m
Přesnost		
Geometrická přesnost podle STN ISO 1708		normální
Dosažitelná přesnost soustružení		
Ø 20 až Ø 100	IT 7	µm
Ø 100 až Ø 465	IT 6	µm
Měření a vyhodnocení dle normy ISO 230 - 2		
v ose Z	32	µm
v ose X	13	µm
Opakovaná přesnost polohování		
v ose Z	13	µm
v ose X	5	µm

Sloupová vrtačka VS 32 (obr.5.2)

Výrobce: firma HELTOS a.s., Jana Žižky 252, 378 81 Slavonice, Česká Republika. Jedná se o sloupovou vrtačku s možností vrtání děr do průměru 32 mm, řezání a vystružování. Je vhodná pro malosériovou a kusovou výrobu. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce 5.3.

**Obr.5.2** - Sloupová vrtačka VS 32 [3]**Tabulka 5.3** Základní parametry vrtačky VS 32 [3]

Vrtací průměr do oceli $R_m=600$ MPa	32	mm
Počet vřeten	1	
Vrtací hloubka	200	mm
Kužel ve vřetenu	4	MORSE
Upínací plocha stolu - vodorovně	400 x 316	mm
Vzdálenost vřetena od plochy stolu	630	mm
Vzdálenost vřetena od. plochy podstavce	950	mm
Rozsah otáček	56 až 2240	min^{-1}
Směr otáčení vřetena	pravé - levé	
Posuvy	ruční / strojní	
Počet stupňů	4	
rozsah posuvů - f_{ot}	0,11 až 0,45	mm

5.3 Použité nástroje

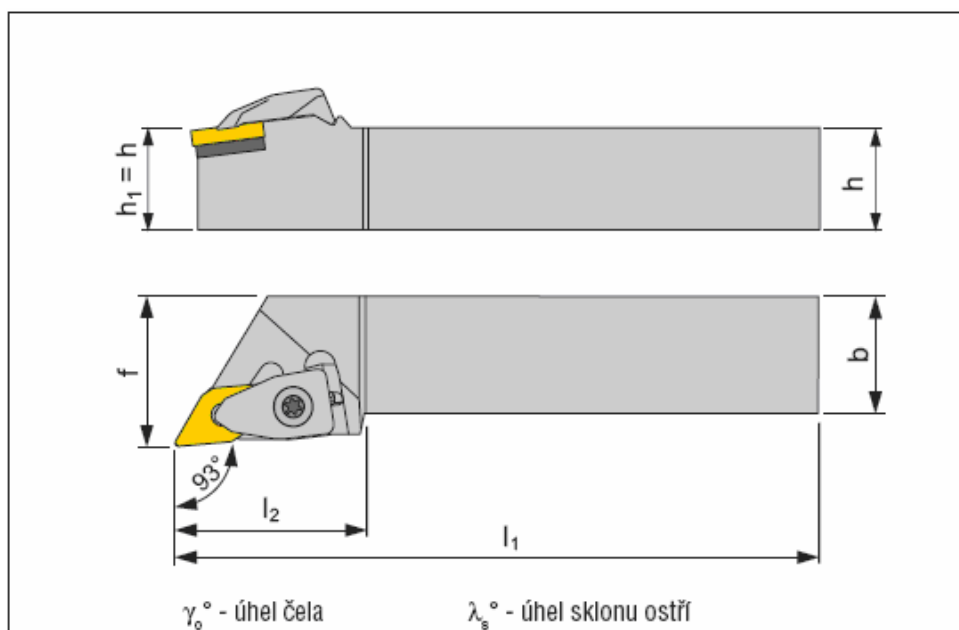
Zde jsou uvedeny nástroje, kterých je použito nově oproti původnímu technologickému postupu. Snaha byla v souladu se zadáním využít v co největší míře stávající nástroje.

Nástroje pro operaci č. 9:

- Nástroj pro dokončovací soustružení obrysu válečku: nožový držák DDJNR 32 32 P15, (obr.5.3.) o parametrech viz obr. 5.4, tab. 5.4 ,osazeného VBD DNMG 15 06 12 E-R (obr. 5.5, tab. 5.5), materiál VBD:6630



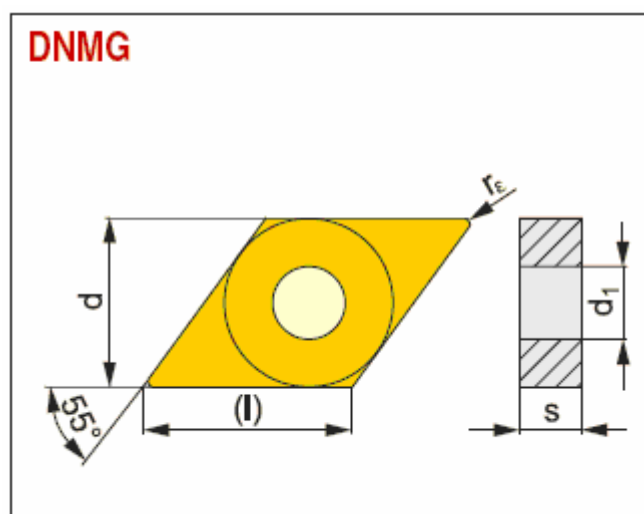
Obr.5.3 - Nožový držák DDJNR 32 32 P15 [1]



Obr.5.4 - Nožový držák DDJNR 32 32 P15– rozměrový náčrt [1]

Tabulka 5.4 Údaje nožového držáku DDJNR 32 32 P15 [1]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]							Nástrojové úhly [°]		Hmotnost [kg]
	h	b	f	l_1	l_{2max}			γ_o°	λ_s°	
DDJNR 32 32 P15	32	32	32	170	40			-6	-6	1,0

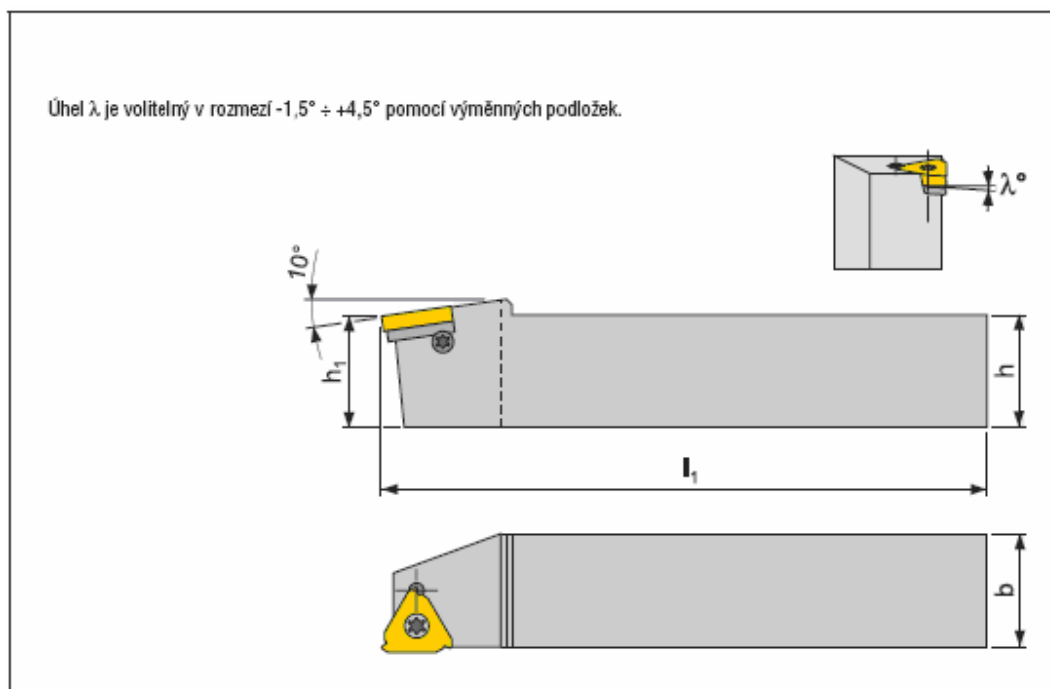
**Obr 5.5** - vyměnitelná břitová destička DNMG 15 06 12 E-R [1]**Tabulka 5.5** Údaje VBD DNMG 15 06 12 E-R [1]

Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]						Řezné parametry VBD [mm]	
	l	d	d ₁	s	r _ε		f _{ot}	a _p
DNMG 15 06 12 E-R	15,5	12,7	5,16	6,35	1,2		0,1 až 0,72	1,2 až 3,9

- Nástroj pro soustružení závitů, nožový držák SER 20 20 K16 (obr.5.6.) o parametrech viz obr. 5.7., tab. 5.6. osazený VBD TN16ERM-S (obr. 5.8., tab. 5.7.) materiál VBD: 6630.



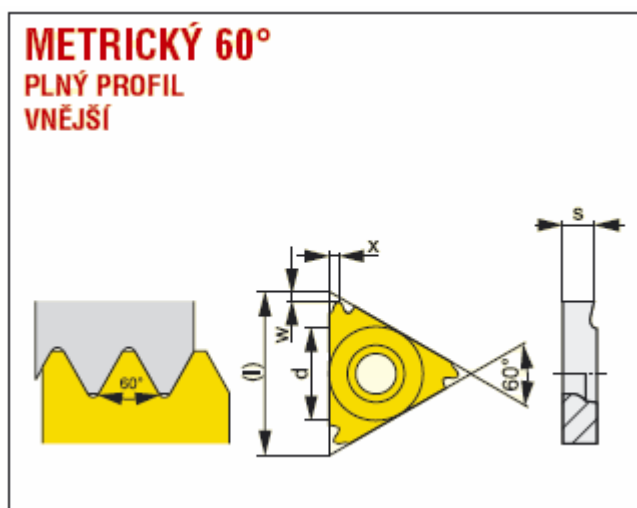
Obr.5.6-Nožový držák SER 20 20 K16 [1]



Obr.5.7 - Nožový držák SER 20 20 K16 – rozměrový náčrt [1]

Tabulka 5.6 Údaje nožového držáku SER 20 20 K16 [1]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]				Nástrojové úhly [°]		Hmotnost [kg]
	h	b	l_1		γ_o°	λ_s°	
SER 20 20 K16	20	20	125		-	- 1,5	1,0



Obr. 5.8 -Vyměnitelná břitová destička TN16ERM-S [1]

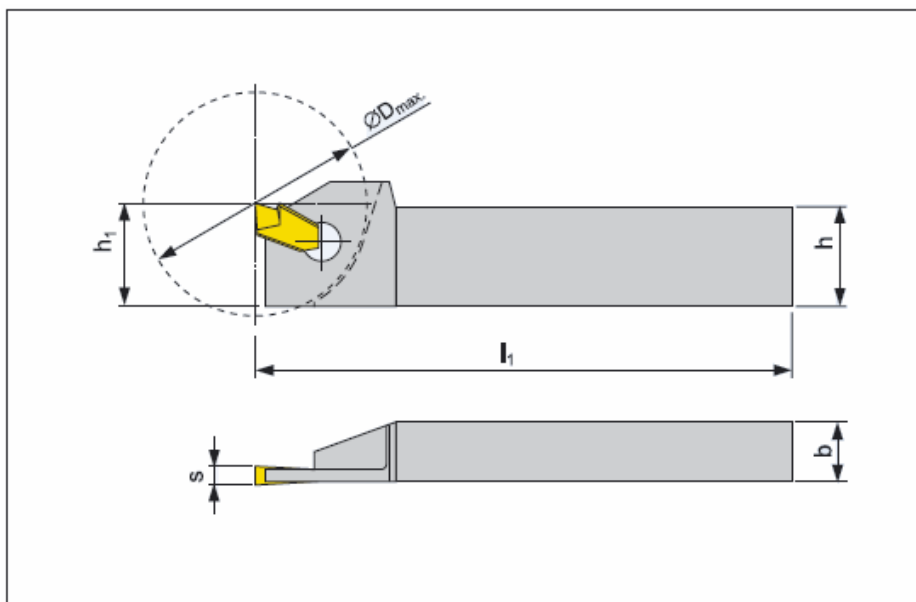
Tabulka 5.7 Údaje VBD TN16ERM-S [1]

Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]					
TN16ERM-S	(l)	d	d ₁	s	x	w
	16,5	9,525	-	3,47	1,5	1,6

- Nástroj pro soustružení zápichu, nožový držák XLFCR 32 25 P06 (obr. 5.9.) o parametrech viz obr. 5.10., tab. 5.8., osazený VBD: LFUX 060816 (obr.5.11 , tab. 5.9.), materiál VBD: 6640.



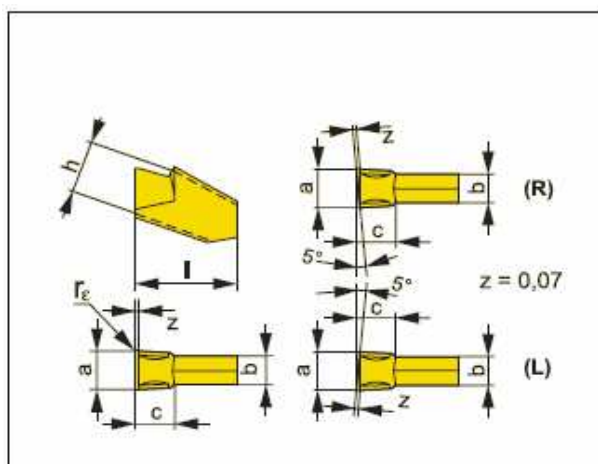
Obr.5.9 – Nožový držák XLFCR 32 25 P06 [1]



Obr.5.10 – Nožový držák XLFCR 32 25 P06– rozměrový náčrt [1]

Tabulka 5.8 Údaje nožového držáku XLFCR 32 25 P06 [1]

Nožový držák	Rozměrové parametry nožového držáku [mm]							Nástrojové úhly [°]			Hmotnost [kg]
	h	b	s	l ₁	D _{max}	h ₁	h	γ _o [°]			
XLFCR 32 25 P06	32	25	6	170	65	32	32	-			1,0



Obr. 5.11 -vyměnitelná břitová destička LFUX 060816 [1]

Tabulka 5.9 Údaje VBD LFUX 060816 [1]

Typ VBD	Rozměrové parametry VBD [mm]						Řezné parametry VBD	
LFUX 060816	a	b	c	l	h	r _e	f _{ot} [mm]	
	6	5,30	4,9	11,5	8	1,6	1,15 až 0,3	

6 Technicko - ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Porovnání stávající a navrhované technologie výroby je postaveno na vyčíslení časové a finanční úspory, které vzniknou užitím nové technologie výroby místo technologie stávající. Vychází se z původního technologického postupu, inovovaného technologického postupu a údajů poskytnutých firmou RENOKOV s.r.o.

Z důvodu prudké změny situace na trhu z hutními výrobky v posledních měsících došlo ve vedení společnosti ArcelorMittal Ostrava, a.s. k přehodnocení priorit v dodávkách náhradních dílů pro závody této společnosti a mnoho objednávek bylo zrušeno či pozastaveno. Kromě jiných byly pozastaveny také dodávky válečků včetně typu, který je zde popisován. Toto je příčinou, proč nemohla být nová technologie výroby válečku prakticky ověřena jako celek.

Přesto se podařilo ověřit alespoň některé úpravy technologického postupu na typově podobných součástech, což potvrdilo jejich realizovatelnost a umožnilo určit alespoň přibližně jejich časovou náročnost.

6.1 Stanovení úspory času

Použité číslování operací odpovídá číslování operací podle stávajícího technologického postupu (tab. 4. 2.) . Uváděné náklady a úspory se vztahují na jeden kus.

Úspora času při operaci č. 3:

Stávající časový přehled provedení operace č. 3: [3]

Čas potřebný k dopravě a manipulaci: $t_1 = 60 \text{ min}$

Čas mezi předáním polotovaru a jeho opětovným převzetím: $t_2 = 70 \text{ min}$

Celkový čas: $T = 2 t_1 + t_2$,
 $T = 2 \cdot 60 + 70 = 190 \text{ [min]}$

Takto získaná hodnota celkového času nezohledňuje prostoje z důvodu vytížení vyvrtávačky, automobilu nebo řidiče. Může nastat situace, že celkový čas T bude z důvodů těchto prostojů několikanásobný.

Časový přehled provedení operace č. 3 podle nové technologie:

Čas potřebný k dopravě a manipulaci: $t_{1N} = 10 \text{ min}$

Čas potřebný k ustavení a zavrtání z obou stran:

$$t_{2N} = 15 \text{ min}$$

Celkový čas:

$$T_N = 2 t_{1N} + t_{2N}$$

$$T_N = 2 \cdot 10 + 15 = 35 \text{ [min]}$$

Uspořený čas:

$$T_U = T_{přv} - T_N,$$

$$T_U = 190 - 35 = 155 \text{ [min]}$$

Úspora času při operaci č. 4:

Stávající časový přehled provedení operace č. 4: [3]

Čas potřebný k přípravě pracoviště a seřízení stroje

$$t_{d1} = 30 \text{ min}$$

Čas potřebný k vyhrubování základního tvaru válečku

$$t_{c1} = 310 \text{ min}$$

Čas potřebný k přípravě, instalaci a seřízení kopírovacího zařízení

$$t_{d3} = 40 \text{ min}$$

Čas potřebný k soustružení funkčního profilu

$$t_{c2} = 102 \text{ min}$$

Čas potřebný k odstranění kopírovacího zařízení

$$t_{d2} = 20 \text{ min}$$

Celkový čas:

$$T = t_{d1} + t_{c1} + t_{d3} + t_{c2} + t_{d5},$$

$$T = 30 + 310 + 40 + 102 + 20$$

$$T = 502 \text{ [min]}$$

Časový přehled provedení operace č. 4 podle nové technologie:

Firma RENOKOV s.r.o. využívá pro porovnání časové náročnosti činností realizovaných na konvenčních obráběcích strojích a CNC strojích následujících převodních vzorců [3] .

$$t_{cCNC} = \frac{2}{3} t_{cKON}$$

$$t_{dCNC} = \frac{1}{2} t_{dKON}$$

kde: t_{cCNC} čas potřebný k výrobě jednoho kusu CNC technologií

t_{cKON} čas potřebný k výrobě jednoho kusu konvenční technologií

t_{dCNC} čas potřebný k přípravě a seřízení stroje CNC technologií

t_{dKON} čas potřebný k přípravě a seřízení stroje konvenční technologií

1. Čas potřebný k vyhrubování základního tvaru válečku (provádí se stejně jako u stávající technologie)

Čas potřebný k přípravě pracoviště a seřízení stroje

$$t_{d1} = 30 \text{ min}$$

Čas potřebný k vyhrubování základního tvaru válečku

$$t_2 = 310 \text{ min}$$

Čas potřebný k úklidu pracoviště a stroje

$$t_{d2} = 10 \text{ min}$$

$$T_{N1} = t_{d1} + t_2 + t_{d2}, \quad T_{N1} = 30 + 310 + 10 = 350 \text{ [min]}$$

2. Čas potřebný k soustružení funkčního profilu (provádí se na CNC stroji)

Čas potřebný k přípravě pracoviště a seřízení stroje:

$$t_{d1N} = \frac{1}{2} t_{d1} \quad t_{d1N} = \frac{1}{2} \cdot 40 = 20 \text{ [min]}$$

Čas potřebný k soustružení funkčního profilu:

$$t_{c2N} = \frac{2}{3} t_{c2}, \quad t_{c2N} = \frac{2}{3} \cdot 102 = 68 \text{ [min]}$$

Čas potřebný k úklidu pracoviště a stroje $t_{d2N} = 10 \text{ min}$

$$T_{N2} = t_{d1N} + t_{ic2N} + t_{d2N}, \quad T_{N2} = 20 + 68 + 10 = 98 \text{ [min]}$$

Celkový čas operace

$$T_N = T_{N1} + T_{N2}, \quad T_N$$

$$T_N = 350 + 98 = 448 \text{ [min]}$$

Uspořený čas:

$$T_U = T - T_N,$$

$$T_U = 502 - 448 = \mathbf{54 \text{ [min]}}$$

Změna potřebného času pro operaci č. 8:

Stávající doba trvání operace č. 8 je 5 minut, při jejím rozšíření o kontrolu magnetickou práškovou metodou by byl potřebný čas pro vykonání operace přibližně **15 minut**.

Úspora času při operaci č. 9 (operace probíhá na CNC stroji):

Stávající časový přehled provedení operace č. 9:

Čas potřebný k přípravě pracoviště a seřízení stroje	$t_{d1} = 30 \text{ min}$
Čas potřebný k dohotovení základního tvaru válečku a soustružení závitů	$t_{c1} = 140 \text{ min}$
Čas potřebný k přípravě, instalaci a seřízení kopírovacího zařízení	$t_{d2} = 40 \text{ min}$
Čas potřebný k soustružení funkčního profilu	$t_{c2} = 62 \text{ min}$
Čas potřebný k odstranění kopírovacího zařízení	$t_{d3} = 20 \text{ min}$

Celkový čas:

$$T = t_{d1} + t_{ic1} + t_{d3} + t_{ic2} + t_{d5},$$

$$T = 30 + 140 + 40 + 62 + 20 = 292 \text{ [min]}$$

Časový přehled provedení operace č. 4 podle nové technologie (operace probíhá na CNC stroji):

Čas potřebný k přípravě pracoviště a seřízení stroje:

$$t_{dN} = \frac{1}{2} (t_{d1} + t_{d2} + t_{d3}), \quad t_{dN} = \frac{1}{2} \cdot 90 = 45 \text{ [min]}$$

Čas potřebný k soustružení funkčního profilu:

$$t_{cN} = \frac{2}{3} (t_{c2} + t_{ic2}), \quad t_{cN} = \frac{2}{3} \cdot 202 = 135 \text{ [min]}$$

$$T_N = t_{dN} + t_{cN}, \quad T_N = 45 + 135 = 180 \text{ [min]}$$

Uspořený čas:

$$T_U = T - T_N,$$

$$T_U = 292 - 180 = \mathbf{112 \text{ [min]}}$$

Úspora času při operaci č. 13:

Díky využití CNC soustruhu pro realizaci operace č. 13 tato operace v novém technologickém postupu zcela odpadá.

Stávající časový přehled provedení operace č. 13:

Čas potřebný k dopravě a manipulaci

$$t_1 = 90 \text{ min}$$

Čas mezi předáním polotovaru a jeho převzetím

$$t_2 = 150 \text{ min}$$

$$\text{Celkový čas: } T = 2 t_1 + t_2,$$

$$T = 2 \cdot 90 + 150 = 330 \text{ [min]}$$

Takto získaná hodnota celkového času nezohledňuje prostoje z důvodu vytížení brusky, automobilu nebo řidiče. Může nastat situace že celkový čas T bude z důvodů těchto prostojů několikanásobný.

Celková časová úspora této operace T_U bude při použití nové technologie výroby plných **330 minut**.

Celková časová úspora všech operací T_{UC} :

$$T_{UC} = \sum_{i=1}^4 T_{U_i}$$

$$T_{UC} = 155 + 54 + 112 + 330 = \mathbf{651 \text{ [min]}} \text{ (10,85 h)}$$

6.2. Stanovení úspory nákladů

Při stanovení úspory nákladů vycházím z úspory mezd, nástrojů a plateb za práci v kooperaci.

Úspora nákladů při operaci č. 3:

Stávající přehled nákladů provedení operace č. 3:

Čas potřebný k dopravě a manipulaci (tam a zpět)	$t = 120 \text{ min}$
Hodinová mzda řidiče - zámečníka	$N_h = 92,- \text{ Kč [3]}$
Náklady na mzdě $N_m = t \cdot N_h$, $N_m = 2 \cdot 92 \text{ Kč}$	$N_m = 184,- \text{ Kč}$
Cena práce v kooperaci	$400,- \text{ Kč}$
Celkové náklady stávající operace $N = N_m + 400,- \text{ Kč}$	$N = 584,- \text{ Kč}$

Přehled nákladů provedení operace č. 3 podle nové technologie:

Celkový čas operace při použití nové technologie:	$T_N = 35 \text{ min}$
Náklady na mzdě $N_m = t \cdot N_h$, $N_m = 0.58 \cdot 92,- \text{ Kč}$	$N_m = 54,- \text{ Kč}$
Celkové náklady operace při použití nové technologie	$N_N = 54,- \text{ Kč}$

Celková úspora nákladů operace $U = N - N_N$,

$$U = 584 - 54 = 530,- \text{ [Kč]}$$

Úspora nákladů při operaci č. 4:

Hodinová mzda soustružníka	$N_h = 105,- \text{ Kč [3]}$
Uspořený čas: $T_U = T - T_N$, $= 502 - 448$	$T_U = 54 \text{ [min]}$
Náklady na mzdě $N_m = T_U \cdot N_h$, $N_m = 0,9 \cdot 105,- \text{ Kč}$	$T_U = 95,- \text{ Kč}$

Celková úspora nákladů operace

$$U = 95,- \text{ Kč}$$

Změna nákladů při operaci č. 4:

Délka trvání operace se změní jen nepatrně a není tudíž nutné ji započítávat.

Úspora nákladů při operaci č. 9:

Uspořený čas: $T_U = T - T_N$, $= 292 - 180$	$T_U = 112 \text{ [min]}$
Hodinová mzda soustružníka	$N_h = 105,- \text{ Kč [3]}$
Náklady na mzdě $N_m = T_U \cdot N_h$, $N_m = 112 \cdot 105$	$T_U = 11760,- \text{ Kč}$

Celková úspora nákladů operace

$$U = 11760,- \text{ Kč}$$

Úspora nákladů při operaci č. 9:

Čas potřebný k dopravě a manipulaci (tam a zpět)	$t = 180 \text{ min}$
Hodinová mzda řidiče - zámečníka	$N_h 92,- \text{ Kč [3]}$
Náklady na mzdě $N_m = t \cdot N_h$, $N_m = 3 \cdot 92 \text{ Kč}$	$T_U = 276,- \text{ Kč}$
Cena práce v kooperaci	$1050,- \text{ Kč}$
Celkové náklady stávající operace $N = N_m + 1050 \text{ Kč}$	$N = 1326,- \text{ Kč}$
Celková úspora nákladů operace	
$U = 1326,- \text{ Kč}$	

Celková úspora nákladů všech operací U_C :

$$U_C = \sum_{i=1}^4 U_{C_i}$$

$$U_C = 530 \text{ Kč} + 95 \text{ Kč} + 11760 \text{ Kč} + 1326 \text{ Kč} = \underline{\underline{13\,711\text{Kč}}}$$

6. 3 Závěr vyplývající z technicko - ekonomického zhodnocení

Navrhované řešení přineslo úsporu jak nákladů, tak času potřebného k výrobě válečku. Celkový přehled nákladů na výrobu jak stávající, tak navrhovanou technologií, včetně celkové úspory nákladů, je uveden v tabulce 6.1. Bohužel, správnost těchto údajů nebylo možno ověřit, jelikož výroba dané součásti byla pozastavena z důvodů změny poptávky po náhradních dílech ze strany společnosti ArcelorMittal Ostrava, a.s.

Tabulka 6.1 Celkové shrnutí výrobních nákladů

Náklady na výrobu stávající technologií	38 879,-Kč
Náklady na výrobu navrhovanou technologií	25 168,-Kč
Úspora při využití nové technologie	13 711,-Kč

Úspor bylo dosaženo především realizací operací probíhajících doposud v kooperaci (operace č. 3 a operace č. 13) vlastními prostředky, což představuje výraznou úsporu jak času, tak finančních prostředků a zbavilo to firmu závislosti na vytíženosti subdodavatelů. Dalších úspor bylo dosaženo realizací operací č. 4 a č. 9 s využitím CNC stroje, což přineslo jak

úsporu času, tak možnost nahradit soustružením dosavadní operaci č. 13 (broušení) probíhající dle stávajícího technologického postupu v kooperaci.

V souladu se zadáním bylo v maximální míře využito stávajícího strojního zařízení firmy RENOKOV s.r.o. Rovněž co se týče nástrojů, tak kromě zapichovacího držáku XLFCR 32 25 P06, jsou využity nástroje, jimiž firma RENOKOV s.r.o. disponuje. V případě jeho zakoupení by se jeho cena pohybovala okolo 5 000,- Kč v závislosti na dodavateli a s ním sjednanými podmínkami (možnost slev v případě stabilních dodavatelů atd.). Tento držák je možno využít i při výrobě jiných součástí.

Využití CNC soustruhu rovněž usnadnilo dosažení potřebné přesnosti, tj. lepší shody se specifikací.

7 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byla racionalizace technologie obrábění válečku dopravníku sochorů s cílem snížit čas a náklady výroby za předpokladu maximálního využití stávajícího strojního zařízení a vybavení výrobce, firmy RENOKOV s.r.o.

K návrhu nové technologie bylo nutno seznámit se s výrobními možnostmi firmy RENOKOV s.r.o. a provést rozbor stávající technologie výroby válečku.

Racionalizace spočívá v realizaci operací, doposud prováděných v kooperaci, vlastními prostředky. Dále pak ve využití CNC stroje namísto stroje konvenčního, což umožňuje jak snížení výrobních časů, tak snazší dosažení požadované přesnosti. Využití CNC soustruhu dovoluje rovněž snížení počtu potřebných nástrojů a přípravků.

Výsledkem racionalizace je návrh nové technologie výroby válečku a nový technologický postup.

Navrhovaná technologie výroby splňuje veškeré technologické a ekonomické požadavky a proto je vhodná k realizaci ve společnosti RENOKOV s.r.o.

Na závěr děkuji Ing. Š. Tiché, Ph.D., A. Hrazdilkovi a P. Némethovi za cenné a podnětné rady při vypracování této bakalářské práce.

Seznam použité literatury

- [1] *Katalog nástrojů PRAMET - soustružení*. 2008. 339 s.
- [2] *ISCAR Cutting Tools Catalog*. [online]. ISCAR LTD, c2009.
<<http://www.iscar.com/ecat/open.asp/Multlang/>>.
- [3] Firemní literatura společnosti RENOKOV s.r.o.
- [4] VÁVRA, P a kol. *Strojnické tabulky*. Praha: SNTL, 1983. 671 s.

Příručka obrábění PRAMET. 2004. 101 s.

Katalog nástrojů PILANA MCT. 3. vyd. NAREX Consult, 2008. 40 s.

Katalog nástrojů SECO Selection. Fagersta, Sweden: PA Group Karlstad, 2005. 259 s.

·
BRYCHTA, J; ČEP, R; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II.-2. díl*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 142 s. ISBN 978-80-248-1822-1

MIKOVEC, Miroslav. *Obrábění materiálů s velkou pevností a tvrdostí*. Praha: SNTL, 1982, 196 s.

MRKVICA, M. *Obrábění I. 1. díl. Obrábění nástroji s geometricky definovaným břitem*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1993, 202 s.

Seznam příloh

Příloha č. 1: Výrobní výkres válečku

Příloha č. 2: Diplomová práce v digitální podobě na CD-ROM